



鮑魚人工飼料

發展的回顧與前瞻（5）

●吳萃慧·沈士新
國立臺灣海洋大學水產養殖系

3. 建立鮑魚人工飼料配方的養份需求

發展鮑魚人工飼料的主要目的是要將飼料儘可能依鮑魚的營養需求作特殊調配，以最少的花費促成鮑魚的最佳成長，最終目標是要達到最高養份利用效率、最高經濟效益及最小的生態衝

擊。由現有鮑魚人工飼料的各項資料看來，飼料配方的改善及鮑魚對飼料利用率的提昇，還有相當的發展前景。目前測定鮑魚營養需求量的試驗，仍有許多困難性，這些困難點包括：（1）維持試驗飼料在水中的最低流失量，（2）鮑魚緩慢生長率測量上的困難性（那些變因應加以考

慮），（3）冗長的試驗時間，（4）鮑魚對水中養份的吸收，（5）維持一個穩定的試驗環境。

此外，如同其他密集畜牧工業（如養豬工業）所建立的一些營養調配原則，鮑魚營養需求也可建立一些基礎資料庫。在許多動物的養殖上，調配飼料時的先決條件是確定必須胺基酸的需求量，因此要發展一種動物飼料之前，胺基酸及能量的需求都要先確定。以下的各項討論沒有包含鮑魚體粗略分析的回顧，因為已有的分析結果並沒有提供任何鮑魚營養需求的資料。

3-1 鮑魚攝取蛋白質及能量後的反應

所謂蛋白質或能量的“需求量”，是針對動物達到某一特定表現時需要的營養量，此需求量必須是份量與反應曲線上的一個點。如果反應曲線上，各表現所對應的養份攝取量能被用來預測許多種不同的對應值，則定義此反應曲線將更有價值。此外要注意的是大部份動物對食物中某些成份的需求量，會隨另一些成份的需求量變動，特別是胺基

酸與能量間的供給關係。因此飼料中各種胺基酸的含量最好能表示成其可被消化的能量含量，因為兩者對動物的成長與發育有緊密的互動關係。如果供給的能量不夠，胺基酸不能被儲存起來，只能被分解成為能量來源而浪費掉。相同地，如果沒有足夠的胺基酸，則動物體瘦肉組織的發展便受到限制。記住這點之後，鮑魚對蛋白質與能量的需求的資料，便可以由調查累積動物體蛋白質時所需攝取的蛋白質與能量含量間的交互作用，及測定能量攝取量與蛋白質累積的關係而得知。這些結果可以整理歸納出一個蛋白質對應能量的比例，以應用於飼料調配上。

直至目前為止，還沒有任何研究定出鮑魚飼料最佳的蛋白質對能量比。加拿大研究者曾表示他們正在研究 *Haliotis kamtschatkana* 對蛋白質及胺基酸的利用效率，以便增加人工飼料中營養成分的效率。他們已確認影響蛋白質利用有三個因素：（1）飼料中蛋白質的量及其所佔的比例，（2）飼料中蛋白質的品質或其所含的胺基酸組成，（3）動物利用非蛋白質

成份作為能量的能力。

為了要調查蛋白質品質對蛋白質利用的影響，加拿大研究者曾經以模擬鮑魚全體、卵巢或昆布內所含胺基酸組成調配的人工飼料餵飼鮑魚。而他們正研究鮑魚餵以含不同含量及比例的蛋白質、胺基酸、碳水化合物的飼料時，其利用非蛋白質能量的能力，研究的項目包括能量的吸收狀況，儲存及支出的情形。

3.2 胺基酸的需求

蛋白質是複雜的化合物，由各種胺基酸混合組成。不同的胺基酸組合形成肌肉中、器官中及分泌物（例如酵素及賀爾蒙）的蛋白質。經由動物的消化作用，飼料中的蛋白質被分解成其組成的胺基酸，這些胺基酸爾後經由消化道壁膜吸收，並且運送至身體各部份，最後被用來製造體內的蛋白質。因此，動物基本上不需要這些體內可合成的蛋白質，而是需要一些直接參與維持動物體的生理代謝及生長的胺基酸。如果某些人工飼料正好正確地提供鮑魚的蛋白質需求，則將需要很多進一步的試驗，以建立其特別的胺基酸需求組合（也

就是食物中胺基酸的最合適的比例），及各種蛋白質來源中可提供的胺基酸種類。

蛋白質是由 19 種以上胺基酸構成的複雜結構，其中 9 個以上的胺基酸無法由動物體自行合成，而必須由食物中供應，這些胺基酸叫做必須胺基酸。對必須胺基酸需求量的認知，可確保人工飼料中所含的蛋白質種類不會被過度強調，並使得理想的蛋白質比例或均衡的胺基酸組成得以建立起來。此外，因為胺基酸的需求量與能量的攝取有關，最好在表達胺基酸的需求量時，也同時說明飼料中的能量含量。

利用肌肉組織中的胺基酸組成作為動物體胺基酸需求量的指標容易造成一些誤解。Cowey 及 Tacon 的研究中指出，胺基酸在肌肉組織中的形式及動物體中胺基酸的需求形式有很密切的關係。然而這種關係並不表示肌肉中胺基酸的絕對含量可以直接反應動物對胺基酸的絕對需求量。很多研究者似乎都疏忽了一個事實，就是在肌肉中胺基酸的形式可以用來作胺基酸的需求量指標之前，至少一種或兩種最缺乏的胺基酸的需求量應該先被試驗確

定後才能決定食物中某一種特定蛋白質成份的最佳攝取量。肌肉中胺基酸的絕對含量不能用來顯示任一種胺基酸的轉換速率，例如某一種胺基酸可能在動物體內的含量很低，但因其轉換速率很高，所以在飼料中需要很高的含量。Allen及Kilgore利用放射性同位素去標定鮑魚胺基酸，他們以U-¹⁴C 葡萄糖（glucose）餵予鮑魚，找出麩胺酸、天門冬胺酸、丙胺酸、半胱胺酸、甘胺酸、絲胺酸及脯胺酸對紅鮑魚 *H. rufescens* 而言是非必須胺基酸，而酥胺酸、纈胺酸、甲硫胺酸、異白胺酸、白胺酸、酪胺酸、苯丙胺酸、色胺酸、離胺酸、組胺酸及精胺酸沒有被標定，所以被認為必須胺基酸（表七）。這 11 個必須胺基酸中，酪胺酸在哺乳動物與甲殼動物體內是由苯丙胺酸衍生而來，但在紅鮑魚體內酪胺酸是不是經由生物合成的方式產生，則尚未被研究過，因此酪胺酸在鮑魚體內是不是必須胺基酸還不能定論。鮑魚所需的必須胺基酸種類可能與鱒魚、蝦子、鼠類、豬及海膽相似，而僅以其對精胺酸的大致需求量來看，鮑

魚的需求量與人類、狗、老鼠及雞不同。

3.3 理想的蛋白質比例

透過對胺基酸需求量的了解，可以改善鮑魚人工飼料中蛋白質的效率，但若逐一考慮每種必須胺基酸的需求量則會使飼料的調配變得非常複雜。為了要克服這一點，養豬工業的營養調配師曾經鼓吹“理想蛋白質”的觀念，即含有最均衡胺基酸的飼料蛋白質。如果將這個觀念運用在鮑魚上，即利用鮑魚軟體組織所含胺基酸的濃度作為基礎，調配飼料中所含胺基酸的比例。因為飼料中胺基酸將用來合成體內的蛋白質；因此，每一種胺基酸的需求量都以相對於飼料中限制胺基酸含量的比例表示，而維持生理代謝及基礎生長所需的“理想”蛋白質，則以單一胺基酸的需求量來表示，可簡化飼料的配方。

採用最主要的限制胺基酸作為參考值，可以顯現其他的胺基酸過量的程度。因為很多農畜物種對離胺酸的需求量都很高，且它通常是以穀物作基質的飼料中，最早發生且最主要的限制胺

基酸，因此離胺酸的量是一般用來作參考性胺基酸，Robinson等人發現離胺酸也是餵食人工飼料的美洲鮭魚體中限制胺基酸，因此，如果鮑魚以穀物為基質的飼料餵飼，則限制胺基酸也一定是離胺酸。當一種胺基酸（例如離胺酸）被認為是影響鮑魚成長的主要因子之後，以離胺酸的量作參考來調配均衡胺基酸的飼料便容易多了。按胺基酸比例來調配一種飼料時，所選擇的混合性蛋白質來源必須要符合動物體的胺基酸比例。

表七顯示許多種鮑魚的胺基酸組成。當測定鮑魚軟體組織中的胺基酸組成時，必須先辨識可能導致錯估胺基酸需求量的變因。雖然鮑魚軟體組織的相關資料很少，但是已知鮑魚足部的營養組成因季節不同有很大的差異。King等人的研究曾以60mm至160mm大小的鮑魚成貝為實驗對象，發現其軟體組織的胺基酸組成在各體形大致相似。Allen及Kilgore也發現個體間的差異性不大。Knauer等人也發現不同地區的同種個體差異性亦不顯著。因此，為了確保正確地測出鮑魚胺基酸的組成，應作各

個季節中各種不同體型層級的測量。

各種胺基酸相對於離胺酸的比例列於表八。這些胺基酸的比例都十分地接近，可在鮑魚飼料調配時作為理想的蛋白質比例。表八中也列出了 Baker 及 Chung 透過試驗及估算方式，所得的豬飼料理想蛋白質建議比例。這些比例是以豬屠體胺基酸組成相對於離胺酸的比較值，結果經由試驗得到的及以豬體組織推算而得的值十分的相似。這些數據顯示體內胺基酸組成可以作為估算理想胺基酸組成的參考。

NNKKK 的飼料營養品質被認為是最佳的，因為他們的飼料可以促使快成長率，而且持續地比其他已知的飼料要好（表六）。NNKKK 飼料的胺基酸組成與鮑魚軟體部份的胺基酸組成十分相似（表九），除了酥胺酸、精胺酸及組胺酸之外，其餘的必須胺基酸都比離胺酸的量稍高。這個現象也許是因為這些列出的數據都不是以日本生產的鮑魚為實驗對象。如果不是因為這樣，或許這種飼料可經由降低大部份必需胺基酸相對於離胺基

酸的量並且增加食物中胺酸，經胺酸及組胺酸的比例來改善它的效率。

3.4 能量的需求

要選擇一個表達鮑魚能量需求的系統時，應該注意下列各事項：（1）這個系統應要經確，（2）這個系統可以很容易使用，（3）這個數值應該是可以累加的，（4）這些飼料的能量應該要很容易估算。確定了這些目標之後，養豬工業趨向以可被消化的能量為基礎做為能量需求的標準，而不是可供給豬隻的最佳能量來測定。可被消化能用來估計代謝能，亦即指動物體消耗能量在氮排泄後存餘的能量。對大多數的海洋軟體動物而言，氮被認為是蛋白質分解最主要的最終產物。由產物形成的化學計量學來看，排氮的動物比排尿素動物消耗更少的能量在氮素的排泄上。Carefoot 表示腹足綱動物排泄所需能量可能僅佔其能量預算的一小部份，Peck 等人也發現 *H. tuberculata* 花在排泄上的能量僅佔所吸收能量的 1.1%。

Barkai 及 Griffiths 發現 *H. midae*

用在排氮的能量損失是可以忽略的，僅佔少於 1% 所獲取的能量。由此可知，鮑魚所攝入的能量很近似於生長、繁殖及維持生理運作所需的能量。維持生理的能量是指動物用以維持生命，而無生長現象所需的能量，動物體必須攝取比維持生命所需更多的能量以促使生長。Fleming 計算出 *H. rubra* 在 15°C 時維持生命所需的能量為 $47.6 \text{ JW}^{-0.75} \text{ day}^{-1}$ （軟體濕重），飼料中超出此能量值的能量可以被用在各種代謝活動上，例如生長、繁殖或以肝醣的形式儲存在腹足中，甚至就此浪費掉了。

能量需求受許多因子的影響，特別是溫度及體重，溫度係數（ Q_{10} ）是以 10°C 為變動幅度按比例增加的呼吸量。10°C 至 20°C 的溫度係數在 *H. rubra* 為 2.46，在 *H. midae* 為 3.1 ~ 3.9，這些值顯示了呼吸作用與溫度間顯著的關係，這在變溫動物中是很典型的現象。體重與呼吸量的關係在所有動物間，也都十分相似，因此，以代謝率對數與體重對數所做回歸分析的斜率是 0.75 適用於所有的動物。Fleming 算出 *H. rubra* 的斜率值為 0.754，

Peck等人算出*H. tuberculata*的斜率為0.76，Uki及Kikuchi算出*H. discus hannai*的斜率為0.80，Barkai及Griffiths算出*H. midae*的值介於0.83與0.94之間，Jan等人算出*H. diversicolor supertexta*的值為0.79，並列出*H. fulgens*的是0.72，*H. corrugata*的是0.84，而*H. rufescens*的為0.45。以0.75為平均值的顯著誤差應該是來自實驗上的誤差。溫度與體重明顯影響鮑魚的呼吸作用及相關的能量支出，因此要決定最適能量需求量及各種溫度與體型的能量需求，一個各方面控制良好的試驗是必須的。

3.5 脂質的需求

脂質涵概很多不同的化合物組成，包括脂肪、油脂、臘質及其他相關物質。脂質是重要的食物成份，可提供高熱量、必須脂肪酸及脂溶性維生素。n-3及n-6族的脂肪酸是許多動物的必須脂肪酸。很多研究發現嗜食大型藻類的動物體內脂肪酸組成與肉食性及嗜食浮游生物的動物體脂肪酸差異很大，這種差異性是因為他們的食物中脂質成份的組成

各自不同所致。以魚油作各種飼料脂質來源能否達到鮑魚脂質的需求，需要進一步研究探討。有些鮑魚嗜食的藻類含有某些魚油沒有或含量不夠的脂肪酸及其他脂質，必須額外添加於以魚油為主要脂質的飼料中。Dunstan及Volkman比較n-3及n-6 PUFA在野生鮑魚成員、二枚貝及一種底棲海魚體內的組成，發現鮑魚與其他二種生物的組成差異很大。鮑魚肌肉中高含量的20:5n-3及很少量的22:6n-3，與大部份的海洋動物大相逕庭。基本上海洋動物體內n-6 PUFA的含量很低，但以藻類為主食的鮑魚及一些魚類具有和他們食物一樣比例的20:4n-6脂肪酸。Dunstan及Volkman分析市場上常用於人工飼料的植物油及魚油脂肪酸，發現植物油中主要的PUFA通常為18:2n-6，有些也含有高量的18:3n-3，而魚油中主要的PUFA通常為20:5n-3及22:6n-3，與海洋動物的必須脂肪酸相同。他們所分析的人工飼料中沒有一種其脂肪酸成份與鮑魚肌肉的脂肪酸成分一樣，含高量的20:4n-6及20:5n-3脂肪酸。此外有些鮑魚種類體內還

有一些不尋常的脂質，愛爾蘭的貝類研究室目前正在研究*H. discus*及*H. tuberculata*對含不同脂質比例的各種飼料的生長反應，並評估其中PUFA群在鮑魚營養上的角色。同樣地，澳洲FRDC/CRC合作社研究群也正進行一項鮑魚脂肪酸需求量的廣泛研究。

鮑魚對脂質的需求量很低，並且他們能有效率地利用外加的脂質，這個特點可由鮑魚常吃的藻類中含很低的脂質加以印證。Leighton發現鮑魚*H. rufescens*似乎不太能吸收*Macrocystis* spp.藻類的脂質，說明了鮑魚對脂質的吸收率很低並且可能利用率很高。Wee等人對鮑魚的脂質高利用效率也有類似的報告，他指出*H. rubra*及*H. leavugata*能夠很有效地消化飼料中3.4%的脂質。由此可知大多數的飼料調配師可能都在他們的飼料中調配了過多的脂質，特別是那些含有魚粉的飼料，其中魚粉提供重要的脂肪酸來源。◆